



DESENVOLVIMENTO DE FLAKES PARA SORÇÃO DE PETRÓLEO A PARTIR DA RECICLAGEM DE SACOLAS PLÁSTICAS

**Alexandre Luiz dos Santos Botelho
Daniella Regina Mulinari**

2013

Alexandre Luiz dos Santos Botelho
Daniella Regina Mulinari

**DESENVOLVIMENTO DE FLAKES
PARA SORÇÃO DE PETRÓLEO
A PARTIR DA RECICLAGEM DE
SACOLAS PLÁSTICAS**

Volta Redonda
2013

Sumário

1	OBJETIVO	3
2	CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLADOS	5
3	MATERIAIS E MÉTODOS	5
4	OBTENÇÃO DOS FLAKES	6
5	AVALIAÇÃO DOS FLAKES	9
5.1	Análise Granulométrica	9
5.2	Análise Morfológica dos Flakes	9
5.2.1	Capacidade de Sorção	9
5.3	Caracterização dos Óleos	10
6	RESULTADOS	11
6.1	Análise Granulométrica	11
6.2	Análise da Morfologia dos Flakes	11
6.3	Análise de Sorção de Óleo Crú	15
6.4	Análise de sorção de óleo crú em função de variados tempos com a mesma granulometria (4mesh).	17
6.5	Determinação da Densidade Aparente	19
7	CONCLUSÕES PRELIMINARES	19
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

B748d Botelho, Alexandre Luiz Santos.
Desenvolvimento de flakes para sorção de petróleo a partir da reciclagem de sacolas plásticas. /Alexandre Luiz Santos Botelho. –
Volta Redonda: UniFOA, 2013.

22 p. : Il

Orientadora: Daniella Regina Mulinari
Produto (mestrado) – UniFOA / Mestrado profissional em materiais,
2013.

1. Plástico - reciclagem - dissertação. 2. Reciclagem. 3. Flakes -
desenvolvimento. I. Mulinari, Daniella Regina. II. Centro
Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 668.4

1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de materiais a partir da reciclagem de sacolas plásticas para sorção de óleo cru em acidentes com derramamentos de petróleo. Os flakes foram obtidos provenientes das sacolas plásticas recicladas da cidade de Volta Redonda-RJ. Após a seleção das sacolas, as mesmas foram trituradas, lavadas, secas e aglutinadas, transformando-se em flakes.

Após produção dos flakes, os mesmos foram peneirados para definição da melhor granulometria que proporcionasse maior rendimento de sorção em meio aquoso.

Os resultados obtidos revelaram que a granulometria influenciou diretamente nos resultados da sorção do óleo cru.

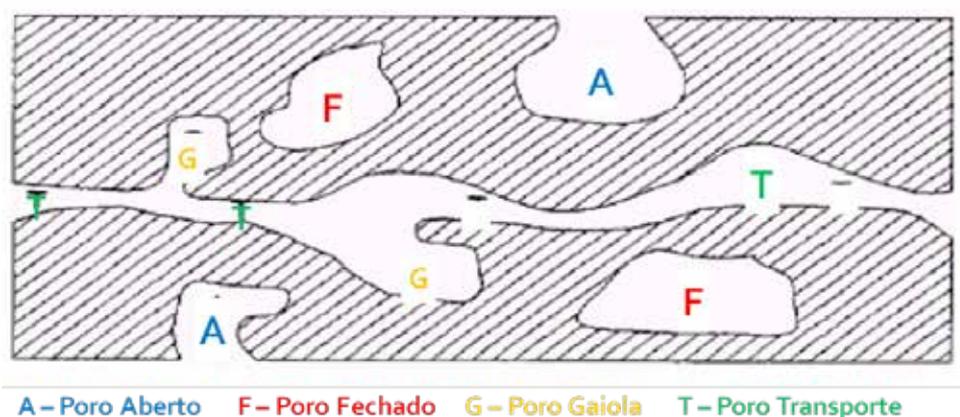


Figura 1. Apresentação dos tipos de poros possíveis nos flakes.
Diferentes tipos de poros em um sólido à forma: (T) poro de transporte, (A) poro aberto, (F) poro fechado e (G) poro tipo gaiola (LOPES, 2006).

A Figura 2 mostra um esquema do processo de adsorção em sistemas porosos.

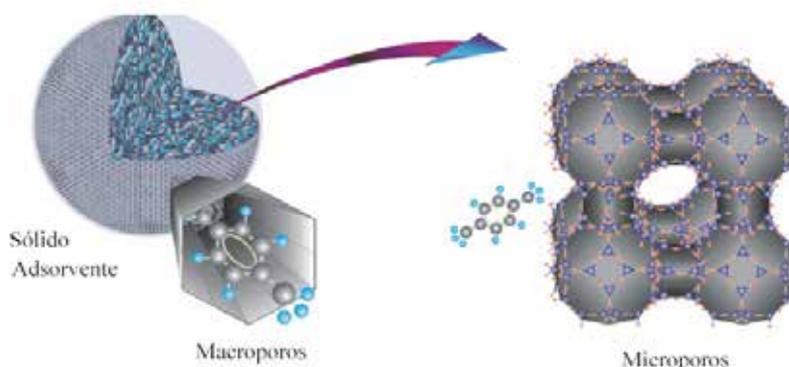


Figura 2. Esquema do processo de adsorção em grandes e pequenos poros (SCHWANKE & SIDDARRAMAIAH, 2003).

Tabela 1.

Material	Tipo de óleo	Capacidade de Sorção	Forma
Resíduos de fibra celulósica	Óleo-cru	7	Esponjas
Polímero de álcool-uretana-isocianato	Óleo-motor	34,4	Granular
Polipropileno	Óleo-cru	7	Dispositivo
Polipropileno	Óleo-leve	10	Manta
Polipropileno	Óleo de ciclo leve e óleo pesado	4,5	Não-tecido
Fibra celulósica	Óleo-cru pesado	5	Granular
Perlita expandida	Óleo-cru	Acima de 3,2	Granular
Grafite expandida	Óleo-cru	80	Dispositivo
Álcool polivinílico/ Polipropileno	Óleo-motor	2	Pó
Acetato de celulose	Óleo-cru	9	Dispositivo

Neste projeto foi utilizado resíduo de sacolas plásticas para sorção de óleo cru.

Tabela 2. Etapas do processo de reciclagem mecânica

ETAPAS DA RECICLAGEM MECÂNICA	
Separação	Separação é feita em uma esteira dos diferentes tipos de plásticos, de acordo com a identificação ou com o aspecto visual. Nesta etapa são separados também rótulos de materiais diferentes, tampas de garrafas e produtos compostos por mais de um tipo de plástico, embalagens metalizadas, grampos, etc. Por ser uma etapa geralmente manual, a eficiência depende diretamente da prática das pessoas que executam esta tarefa. Outro fator determinante da qualidade é a fonte do material a ser separado, sendo que aquele oriundo da coleta seletiva é mais limpo se comparado ao material proveniente dos lixões ou aterros.
Moagem	Após a separação dos diferentes tipos de plásticos, estes são moídos e fragmentados em pequenas partes.
Lavagem	Após triturado, o plástico passa por uma etapa de lavagem com água para a retirada dos contaminantes. É necessário que a água de lavagem receba um tratamento para a sua reutilização ou emissão como efluente.
Aglutinação	Além de completar a secagem, o material é compactado, reduzindo-se assim o volume que será enviado à extrusora. O atrito dos fragmentos contra a parede do equipamento rotativo provoca elevação da temperatura, levando à formação de uma massa plástica. O aglutinador também é utilizado para incorporação de aditivos, como cargas, pigmentos e lubrificantes.
Extrusão	A extrusora funde a massa plástica homogênea. Na saída da extrusora, encontra-se o cabeçote, do qual sai um espaguete contínuo, que é resfriado com água. Em seguida, o espaguete é picotado em granulador e transformado em pellet (grãos plásticos).

(LONTRA, 2011).

Deste modo, a reciclagem mecânica resume em: separação; moagem; lavagem; secagem; aglutinação; extrusão; granulação; transformação do polímero em produto acabado, como evidenciado na Figura 3 abaixo.

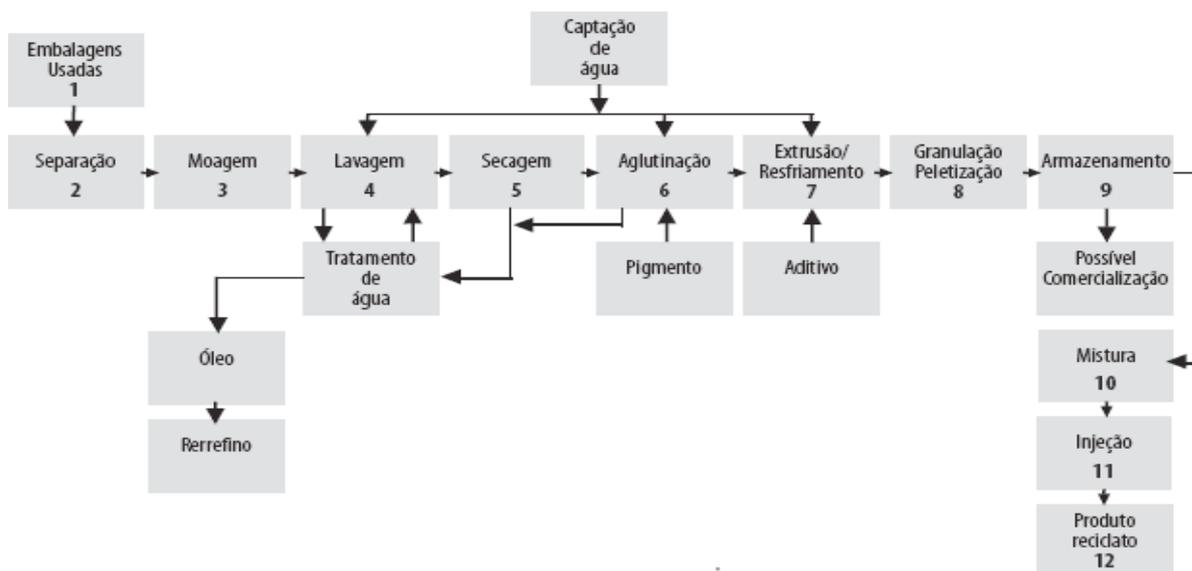


Figura 3. Processo de reciclagem completo do plástico (PLASTIVIDA, 2010)

2 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLADOS

A caracterização de materiais poliméricos reciclados pode ser realizada com as mesmas técnicas utilizadas para o estudo de materiais poliméricos.

1. Microscopia eletrônica de varredura
2. Espectroscopia de Infravermelho
3. Tensão Interfacial entre polímeros fundidos.
4. Determinação de ângulos de contato
5. Determinação da Área e Números de Poros por Microscopia Ótica (MO).
6. Densidade Aparente (ASTM D 792/86)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos e procedimentos adotados para atingir os objetivos propostos foram realizados para obter as informações necessárias para definir a capacidade de sorção dos flakes obtidos a partir da reciclagem de sacolas plásticas. O fluxograma da Figura 4 descreve um esquema simplificado das etapas envolvidas neste trabalho.

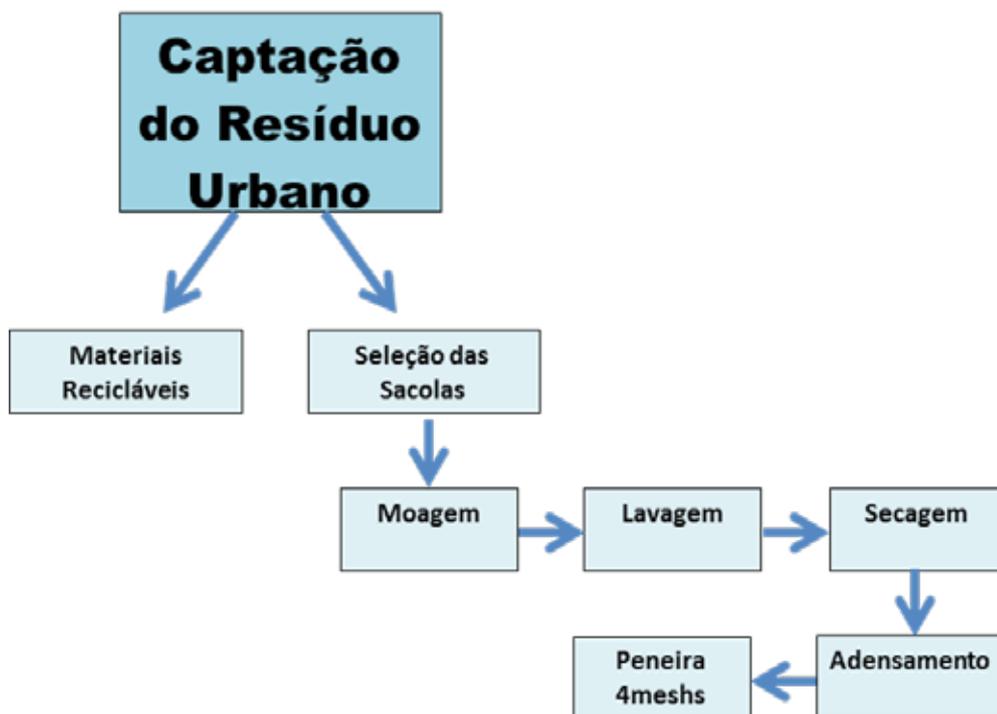


Figura 4. Fluxograma de obtenção do flake.

4 OBTENÇÃO DOS FLAKES

Os flakes foram obtidos a partir de sacolas plásticas provenientes da coleta seletiva da cidade de Volta Redonda/RJ. Primeiramente as sacolas foram retiradas pelo processo de catação, em um sistema de cooperativismo, estimulado pela Prefeitura, baseando-se no projeto elaborado pela empresa Albquímica Indústria e Comércio, projetado para fortalecer sua política de logística reversa, com apoio da rede de coleta seletiva da cidade.

Após a seleção das sacolas plásticas, as mesmas foram trituradas em moinho de facas da marca Kie, formado por nove facas móveis e duas fixas, com capacidade de produção de 200 Kg por hora (Figura 5).



Figura 5. Moinho de facas

Após moagem, as mesmas foram lavadas e secas em um processo rotativo de limpeza por centrifugação a 1.700 rpm, com potência de 30 Hp, em uma lavadora e secadora da marca Kie (Figura 6).



Figura 6. Lavadora e secadora.

Posteriormente, o material já seco, foi inserido em um aglutinador da marca Kie, com capacidade de produção equivalente a 200 Kg por hora, a uma rotação de aproximadamente 1800 rpm, conforme evidenciado na Figura 7.



Figura 7. Aglutinador Kie

Após a mistura do material e fusão à uma temperatura de aproximadamente 140 °C , o mesmo sofreu choque térmico com água, levando-o a fragmentação, com a formação de flakes, conforme elucidado na Figura 8, produzindo flakes de diversas granulometrias.



Figura 8. Produção do flake

5 AVALIAÇÃO DOS FLAKES

5.1 Análise Granulométrica



Figura 9. Granulador Marca Helvan

5.2 Análise Morfológica dos Flakes

5.2.1 Capacidade de Sorção



Figura 10. Fixação das amostras no recipiente para o ensaio de sorção.

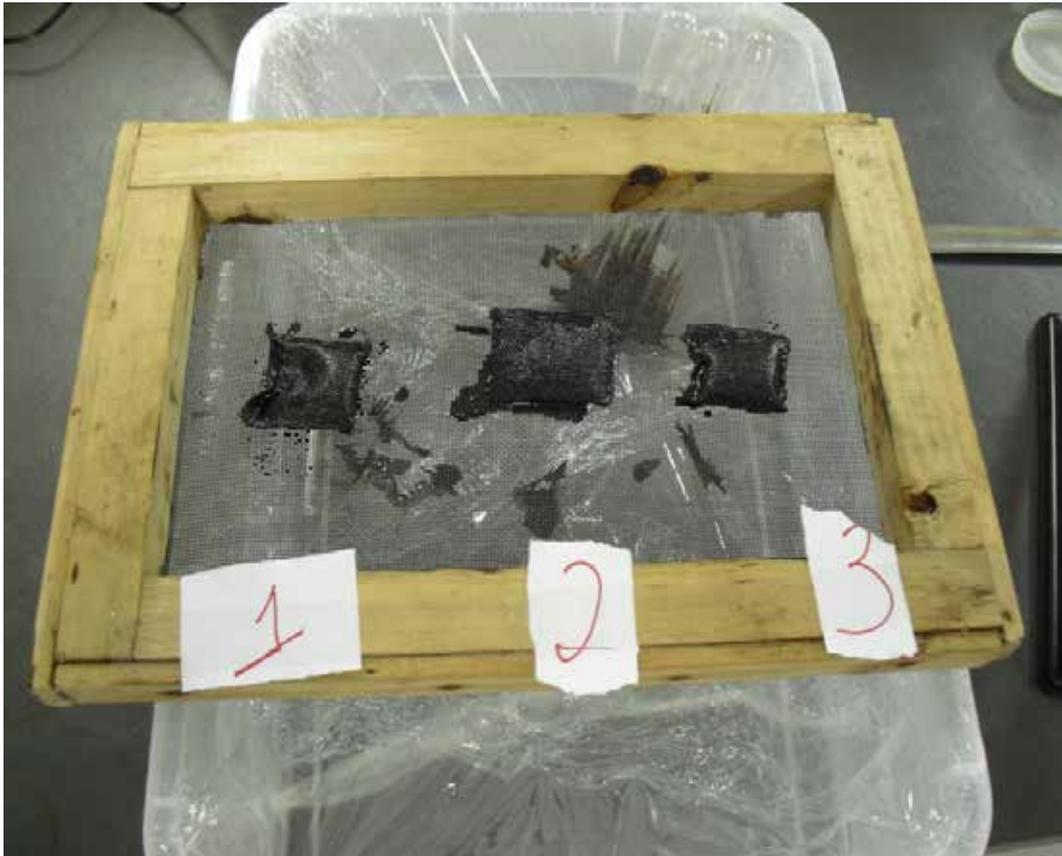


Figura 11. Drenagem dos flakes sorvidos com petróleo por 1 min.

A porcentagem de sorção de óleo nos flakes foi calculada a partir da Equação 1:

$$CS(\%) = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100, \quad (1)$$

onde: CS é a capacidade de sorção do óleo, M_i e M_f correspondem as massas das amostras antes e após a imersão em óleo.

5.3 Caracterização dos Óleos

As amostras de petróleo fornecidas pela REPAR/Petrobras foram caracterizadas pelo próprio fornecedor, na unidade da Bacia de Campos, que forneceu os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização do Petróleo REPAR/PETROBRÁS

Características	Unidades	Tipos de hidrocarbonetos
Densidade Relativa (20/4 °C)	0,8890 g/cm ³	Saturados (55,4%)
Densidade (° API)	27,0	Aromáticos (27,0%)
Índice de Acidez Total	0,27 mg KOH/g	Resinas (16,0%)
Teor de Sal	58 mg NaCl/L	Asfaltenos (1,6%)
Viscosidade Cinemática (20° C)	36,2 cP	

6 RESULTADOS

Serão discutidos neste estudo os resultados obtidos nos ensaios de granulometria, análise morfológica dos flakes e análises de sorção de petróleo.

6.1 Análise Granulométrica

É importante controlar a granulometria no estudo de sorção. Desta forma, após a obtenção dos flakes os mesmos foram peneirados e classificados em três faixas granulométricas (5 mm a 870 µm), conforme evidenciado na Figura 12.

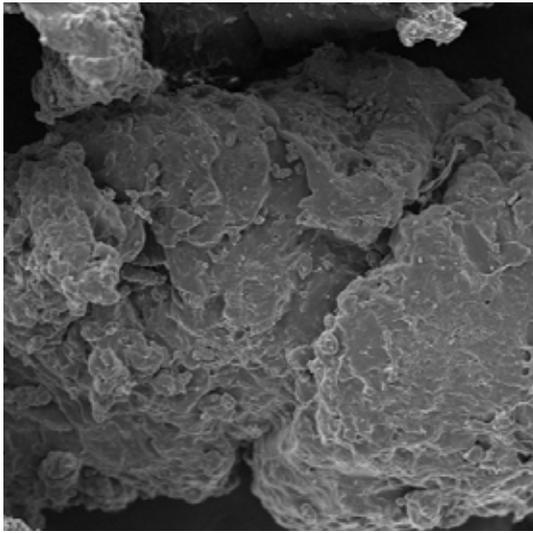


20 mês / 9 mesh / 4 mesh

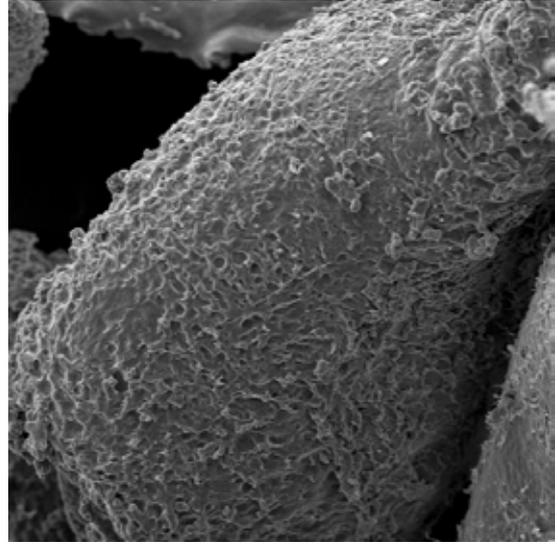
Figura 12. Flakes com diferentes faixas granulométricas.

6.2 Análise da Morfologia dos Flakes

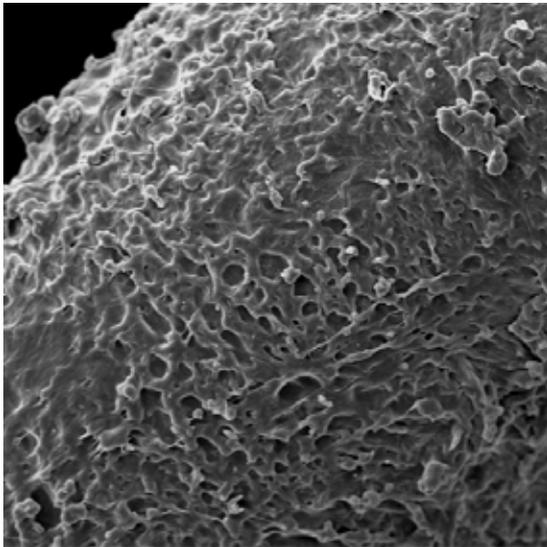
A morfologia da superfície dos flakes com diferentes faixas granulométricas pode ser evidenciada nas Figuras 13 a 15.



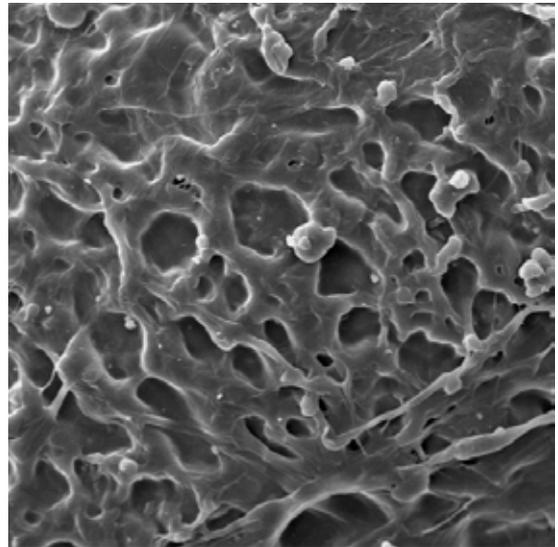
(a)



(b)

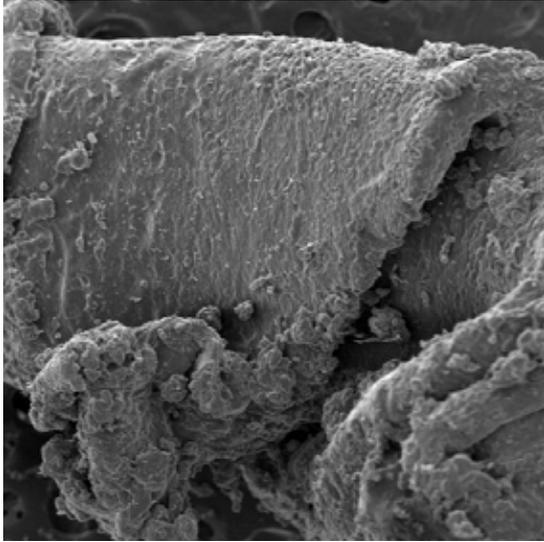


(c)

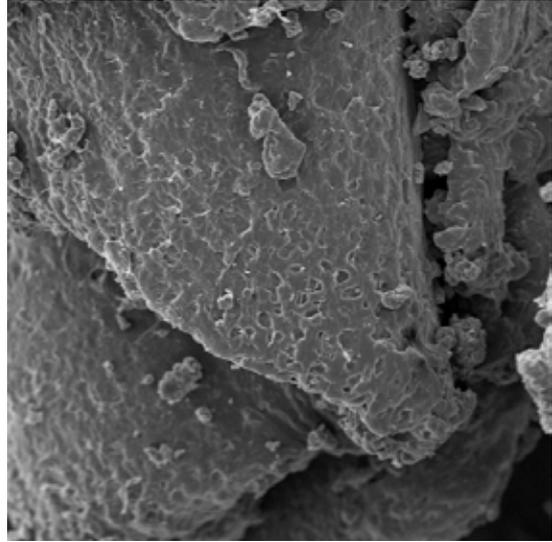


(d)

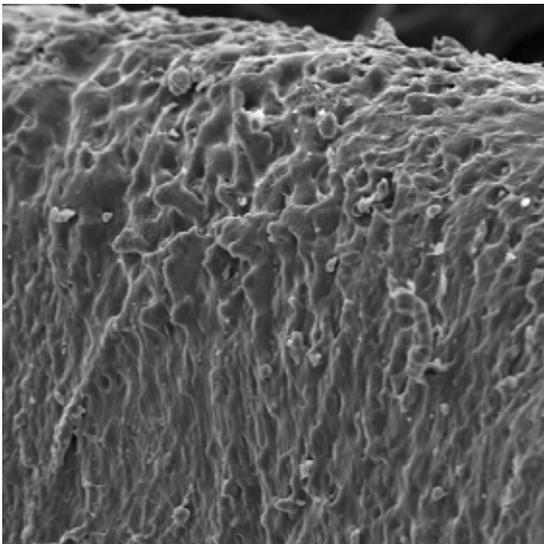
Figura 13. MEV dos flakes peneirado (4 mesh).



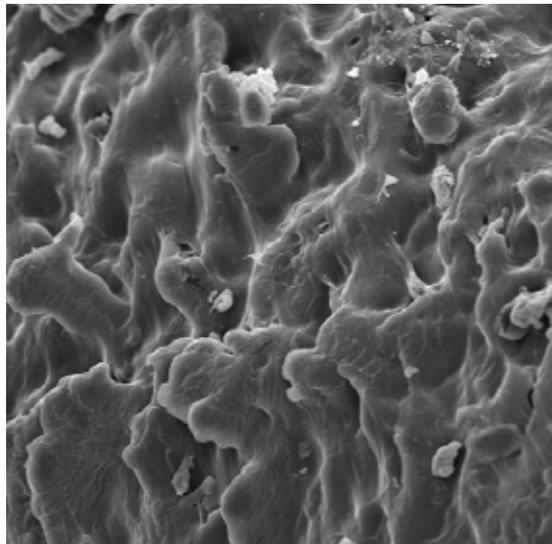
(a)



(b)

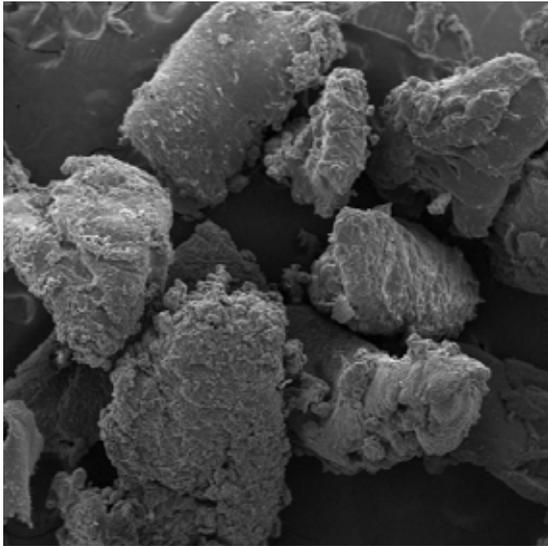


(c)

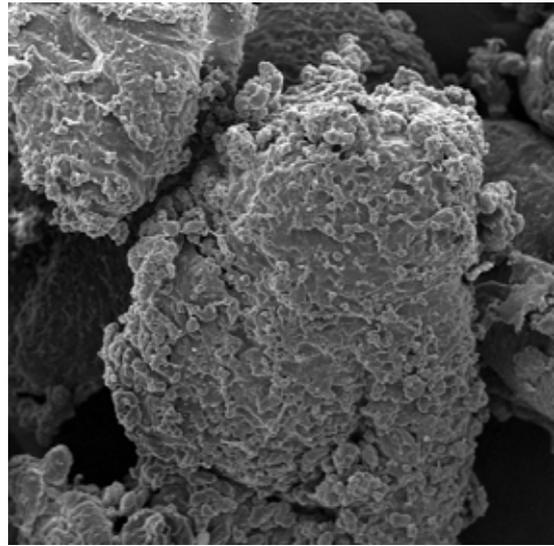


(d)

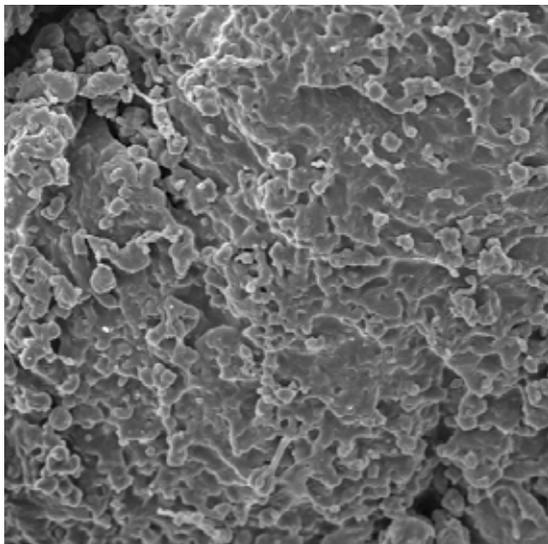
Figura 14. MEV dos flakes peneirado (9 mesh).



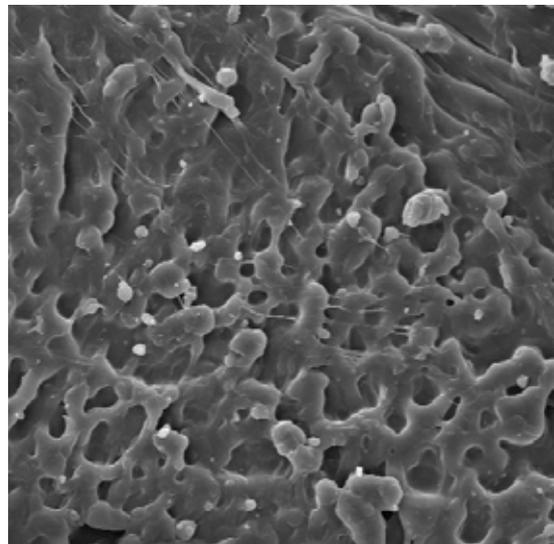
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15. MEV dos flakes peneirado (20 mesh).

6.3 Análise de Sorção de Óleo Crú

A Tabela 4 evidencia a capacidade de sorção de óleo-cru nos flakes com diferentes faixas granulométricas.

Tabela 4. Capacidade de sorção nos flakes

Amostra	Mi (g)	Mf (g)	CS (g/g)	CS (%)
AM1	1,0008	3,7808	2,78	278
AM1	1,0003	2,8912	1,89	189
AM1	1,0009	2,8918	1,89	189
AM2	1,0002	2,8122	1,81	181
AM2	1,0002	2,2702	1,27	127
AM2	1,0001	2,4317	1,43	143
AM3	1,0000	2,6441	1,64	164
AM3	1,0002	2,5702	1,57	157
AM3	1,0005	2,0305	1,03	103

AM1: flakes peneirado 4 mesh); AM2: flakes peneirado (9 mesh); AM3: flakes peneirado (20 mesh).

Analisando-se os dados da Tabela 4.1, observou-se que o flake sorveu 2,8 (g/g) de óleo cru. Além disso, a faixa granulométrica influenciou diretamente na capacidade de sorção dos flakes, quanto maior a granulometria maior foi sorção de óleo cru, pois os flakes com menor granulometria empacotaram e isso dificultou a sorção.

Os flakes com faixa granulométrica de 5 mm a 2 mm apresentaram uma diferença de 54% na capacidade de sorção do óleo cru quando comparado aos flakes com faixa granulométrica de 2 mm a 870 µm. A Figura 4.5 elucida a capacidade de sorção dos flakes versus faixa granulométrica.

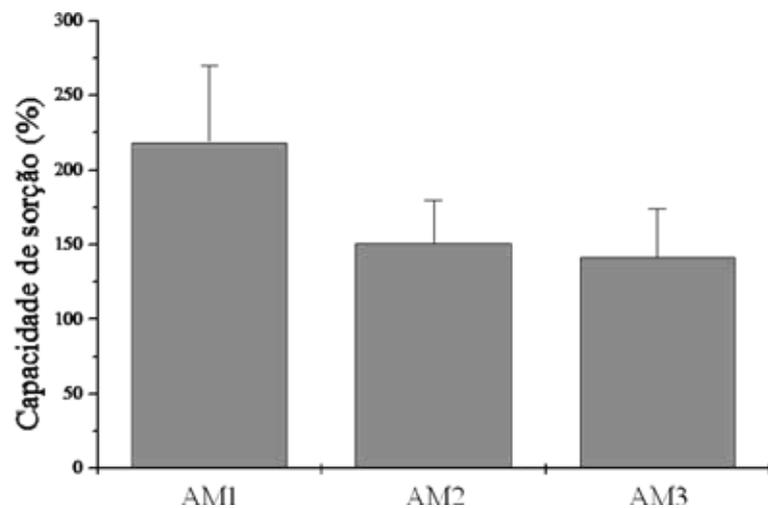


Figura 16. Capacidade de sorção do óleo-cru versus faixas granulométricas.

A partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que a sorção é dependente da área superficial disponível por grama de material sorvente e por isso é importante controlar a granulometria durante a comparação de sorção entre os diferentes flakes.

A Figura 4.6 evidencia os flakes com faixa granulométrica 2 mm a 870 μm após o ensaio, notando que nem todo material foi sorvido.



Figura 17. Falha de Sorção do Material.

Este fato também evidencia que quando o tamanho do flake foi reduzido houve o empacotamento do material impedindo o óleo de permear sua estrutura particulada, não conseguindo assim sorver até saturação do material.

6.4 Análise de sorção de óleo cru em função de variados tempos com a mesma granulometria (4mesh).

Tabela 5. Ensaio 1

T.S	Flake	F + Bem.	+Emb+ol	F + Oleo	Óleo sorvido	X.Sorção	CS %
5 min	2,00	2,1234	7,2529	7,1295	5,1295	3,5647	256,48
20 min	2,01	2,096	6,4932	6,3973	4,3873	3,1827	218,27
40min	2,02	2,3463	5,7398	5,4135	3,3935	2,6799	168,00
60 min	2,00	2,2815	7,0567	6,7752	4,7752	3,3876	238,76
1440min	2,02	2,0512	6,6452	6,614	4,414	3,2742	218,52

Tabela 6. Ensaio 2

T.S	Flake	F + Bem	F+Emb+ol	F + Oleo	Óleo Sorvido	X.Sorção	CS %
5min	2,0166	2,1266	7,5393	7,4293	5,4127	3,684	268,41
20 min	2,053	2,1253	6,519	6,409	4,3560	3,1802	212,18
40min	2,0197	2,0928	6,6306	6,5575	4,5378	2,0197	224,30
60 min	2,0063	2,1357	7,3993	7,2699	5,2636	3,6235	262,35
1440min	2,0005	2,0852	7,7775	7,6928	5,6923	3,8454	284,54

Tabela 7. Ensaio 3

T.S	Flake	F + Bem	F+Emb+ol	F + Oleo	Óleo	X.Sorção	CS %
5 min	2,0127	2,1128	8,1245	8,0244	6,0117	3,9868	298,69
20 min	2,0034	2,1027	7,0028	6,9035	4,9001	3,4459	244,59
40min	2,0021	2,1001	7,179	7,0810	5,0789	3,5367	253,68
60 min	2,00543	20.793	6,3554	6,2814	4,2760	3,1324	213,22
1440min	2,0007	2,0881	6,9614	6,8740	4,8733	3,4358	243,58

Os cálculos do grau de sorção (%GS) foram baseados na seguinte equação.

$$CS \ (%) = \frac{Mf - Mi}{Mi} \times 100 \quad (2)$$

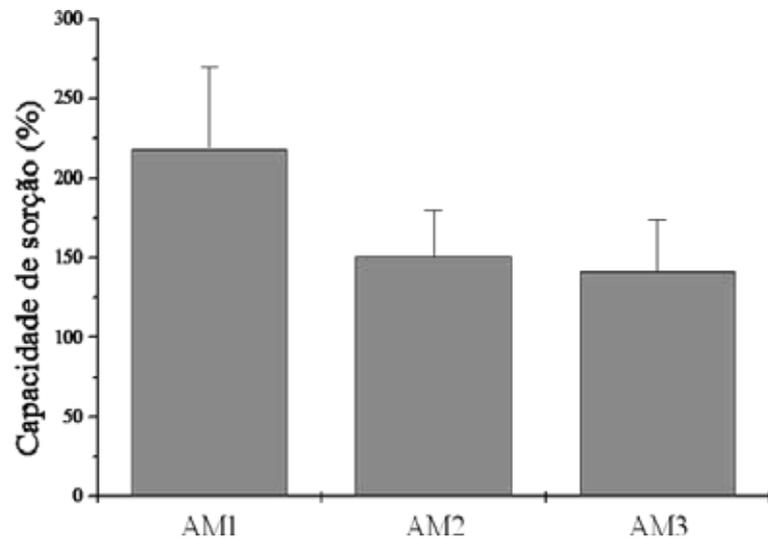


Figura 18. Tensão superficial
Ângulo de contato estático (SCA)

A fim de observar a mudança na energia superficial das blendas poliméricas, foi medido o ângulo de contato estático, isto é, o ângulo de contato foi analisado num intervalo de no máximo 2 minutos após depositada a gota, sendo esta considerada a situação inicial da superfície. A partir do valor do ângulo de contato é possível observar qualitativamente a energia superficial através da hidrofobicidade das blendas.



Figura 19. Imagem do ângulo da gota

6.5 Determinação da Densidade Aparente

O método para medir a densidade aparente escolhido, foi a picnometria. Esse método consistiu no uso de um recipiente de vidro calibrado de 100 mL (picnômetro) de marca Virex, com uma tampa com um furo capilar, por onde extravasou o volume do solvente utilizado (álcool absoluto), de densidade $0,786 \text{ g/cm}^3$, igual a 1,02 mL, medidos por uma micro pipeta, relativo a massa de 1,0114 g, previamente pesada, em uma balança de precisão de marca Marte, devidamente aferida. Sendo assim, já com a massa definida e seu volume, é possível utilizando uma equação matemática obteremos sua densidade:

$$d = m/v, \text{ onde } d = 1,0114/1,020,$$

obteremos a densidade do flake: $d = 0,9904 \text{ gr/mL}$

Analisando a densidade apresentada, após o processo de aglutinação e peneirar, os Flakes selecionado com a granulometria de 4 mesh, que apresentou melhores resultados de sorção, chegou-se a conclusão da boa flutuabilidade do material, que o caracteriza junto a outros polímeros, classificados como bons adsorventes de Petróleo.

7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os flakes obtidos da coleta seletiva, formados por blendas poliméricas diversas, como PE e PP de sacolas plásticas de pós-consumo, após estudos mostraram bons resultados em diversos aspectos, tais como:

- O material mostrou-se como excelente sorvente na capacidade de sorção de óleos cru de origem petrolífera;
- Mostrou-se também sua propriedade hidrofóbica, o que lhe confere destaque entre os sorventes de boa qualidade;
- No estudo de sorção observou-se que a granulometria influencia diretamente na capacidade de sorção;
- Este material apresenta um custo de produção extremamente baixo, se aproximando torno de R\$ 600,00 por tonelada, já incluso todas as despesas, inclusive impostos. Então, analisando socialmente esse material poderá promover maior lucratividade na comercialização das sacolinhas, já que o processo de catação será simplificado, devido à forma genérica de coleta destas sacolas, sem muito critério técnico, e sem a preocupação de contaminação entre as espécies, o que torna desnecessário a preocupação com a qualificação profissional, o que não acontece atualmente. Além disso, a contribuição na retirada destas sacolinhas do meio ambiente, hoje considerada um passivo ambiental preocupante para os ambientalistas, gerando estudos científicos em toda parte do mundo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEBAJO, M. O.; FROST, R. L.; KLOPROGGE, J. T.; CARMODY, O.; KOKOT, S. Porous Materials for Oil Spill Cleanup; A Review of Synthesis and Absorbing Properties. *Journal of Porous Materials*, v.10, 159-170, 2003.

ANDRADE, S. M. C. Avaliação de polietileno reciclado carregado com fibra de palma para confecção de módulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Pará, Pará – RN, 2007.

ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, Janeiro, 2011.

ANNUNCIADO, T. R. Estudo da *Chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BIMESTRE, B. H. Alternativas para o reaproveitamento de rejeitos industriais de poli(avaliação de polietileno reciclado carregado com fibra de palma para confecção de módulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Pará, Pará – RN, 2007.

BITTENCOURT, B. A.; ELLWANGER; M. V.; NASCIMENTO, W. A.; BELCHIOR, L. F.; ARAÚJO, E. M.; MELO, T. J. A. Moldagem por compressão a frio do polietileno de ultra alto peso molecular. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.19, p. 224-230, 2009.

CANEVAROLO Jr., S. V. *Técnicas de Caracterização de Polímeros*, 1° Ed. São Paulo, Editora Artliber, p.165, 2007.

CARDOSO, L. C. *Petróleo: do poço ao posto*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., p.178, 2008.

COELHO, T. L. Estudos de adsorção de Cobre (II) em microesferas de quitosana reticuladas com epicloridrina e impregnadas com heparina. Dissertação (Mestrado em Química), universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

CURBELO, F. D. S. Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2002.

DELIYANNI, E. A.; PELEKA, E. N.; LAZARIDIS, N. K. Comparative study of phosphates removal from aqueous solutions by nanocrystalline akaganéite and hybrid surfactant-akaganéite. *Separation and Purification Technology*, v.52, p. 478-486, 2007.

FARIN, D.; AVNIR, D. The effects of fractal geometry of surfaces on the adsorption conformation of polymers at monolayer coverage. Part I. The case of polystyrene. *Colloid and Surfaces*, v.37, p. 144-170, 1989.

FOLETTTO, E. L.; DA ROS, S.; CARLESSO, F.; JAHN, S. L. Uso de biomassa como absorvente para a contenção de derramamento de óleo. *Acta Ambiental Catarinense*, v.6, p. 74-77. 2009.

G1. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2011/11/agua-contaminada-por-vazamento-de-oleo-desagua-nos-rios-diz-deputado.html>. Acesso em: 20 dez 2011.

GOKMEN, M. T.; DU PREZ, F. E. [Porous polymer particles. A comprehensive guide to synthesis, characterization, functionalization and applications](#). *Progress in Polymer Science*, v.37, p.365-405, 2012.

LIN, J.; SHANG, Y.; DING, B.; YANG, J.; YU, J.; AL-DEYAB, S. S. [Nanoporous polystyrene fibers for oil spill cleanup](#). *Marine Pollution Bulletin*, v. 64, p 347-352, 2012.

LONTRA, B. G. F. Reciclagem mecânica de polietileno de alta densidade obtido a partir de sacolas plásticas. Monografia (Título de Engenheira de Materiais), Universidade federal do Rio de Janeiro, 2011.

LOPES, T. J. Desenvolvimento de estratégias para aperfeiçoar a utilização de argilas adsorventes em processos industriais. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MOREIRA, C. S. Adsorção competitiva de Cádmio, Cobre, Níquel e Zinco em solos. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

OEI (Organização dos Estados Ibero-Americanos). Disponível em: http://www.oei.es/divulgacioncientifica/reportajes_047.htm. Acesso em: 20 dez 2011.

O GLOBO. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/ciencia/mat/2010/04/30/vazamento-de-petroleo-no-golfo-do-mexico-pode-ser-pior-da-historia-dos-eua-que-proibem-novas-plataformas-no-pais-916467236.asp>. Acesso em: 28 jul 2010.

QUEIROS, Y. G. C.; CLARISSE, M. D.; OLIVEIRA, R. S.; REIS, B. D.; LUCAS, E. F.; LOUVISSE, A. M. T. Materiais poliméricos para tratamento de água oleosa: utilização, saturação e regeneração. *Polímeros*, v.16, p. 224-229, 2006.

PLASTIVIDA – INSTITUTO AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS, revista do plástico industrial, Ed Aranda, v.151, p.45-46

RENGASAMY, R. S.; DAS, D.; KARAN, C. P. Study of oil sorption behavior of filled and structured fiber assemblies made from polypropylene, kapok and milkweed fibers. *Journal of Hazardous Materials*, v.186, p. 526-532, 2011.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J, A. M.; MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. *Polímeros*, v.14, p.307-312, 2004.

SZKLO, A. S.; ULLER, V. C. Fundamentos do refino de petróleo: tecnologia e economia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. p.285

SWAMY, K.; SIDDARRAMAIAH, B.K. Sorption and Diffusion of Chlorinated Aliphatic Hydrocarb Penetrants into Diol Chain Extende Polyurethane Membranes. *Journal for Hardzardous Material B*, v. 99, p. 177-190, 2003.

TANOBE, VALCINEIDE O. A. Desenvolvimento de sorventes à base de espumas de poliuretanos flexíveis para o setor do petróleo. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2007.

WEI, Q. F.; MATHER, R. R.; FOTHERRINGHAN, A. F.; YANG, R. D. Evaluation of Nowoven Polypropylene Oil Sorbents in Marine Oill-spill Recovery. *Marine Pollution Bulletin*, v.46, p.783-870, 2003.

